



微生物のコミュニティが創る新たなビジネス機会

2018/09

三井物産戦略研究所
技術・イノベーション情報部 新産業・技術室
岡田智之、庄司直美

Summary

- 新たなゲノム解析技術によって、微生物は地球上のさまざまな場所（人、動植物など）において単体で存在することが難しく、相互に働きかけ合いながらコミュニティを形成していることが明らかになった。
- そのコミュニティは人、動植物などと共生し、互いに影響を与えており、その中で、人、動植物にとって有益な影響に着目し、これを活用した新しいビジネスが複数領域で起きている。
- 食品分野では、腸内微生物のコミュニティを活用した個別化栄養事業が今後注目される。
- 農業分野では、圃場の健康状態に合わせて、植物微生物のコミュニティを活用した農業資材や管理方法などをトータルパッケージで提示・提供し、これに基づき生産する農業デザインが今後注目される。

多様性に富んだ微生物のコミュニティ

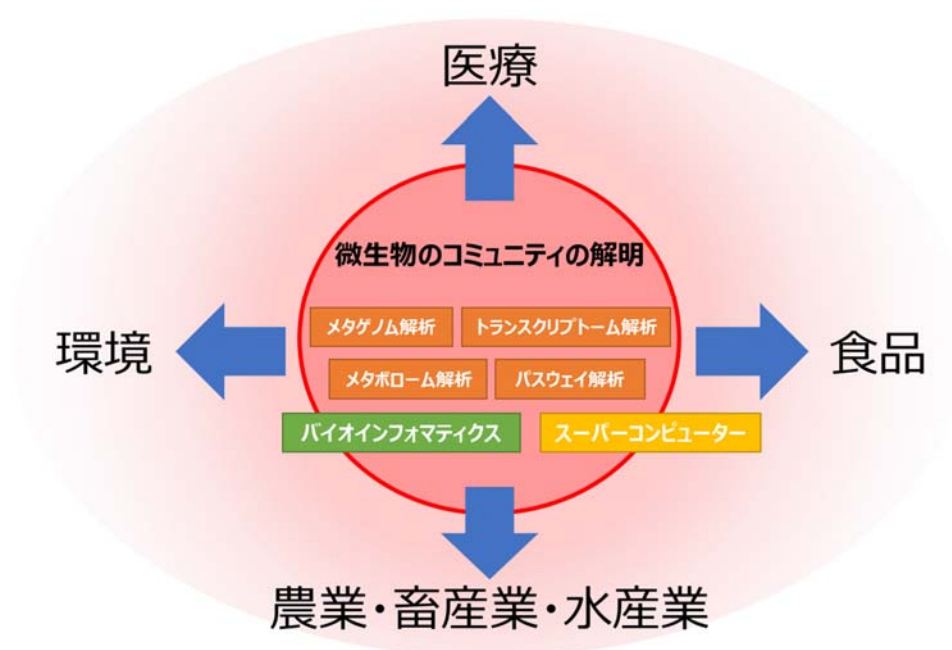
微生物の利用は、チーズ、パン、ワインなど発酵食品の製造技術が確立した紀元前数千年にさかのぼるといわれる。それから長い歴史を積み重ね、19世紀から20世紀には、産業用酵素や抗菌薬など、微生物を利用した製品が多く創り出された。しかし、これら製品は、環境中の1%未満の微生物を利用したものであり、残りの99%以上の微生物は未利用のままであった。20世紀までの多くの微生物研究は、単一の微生物で、分離・培養が可能なものを対象とし、分離・培養が難しい、またはその方法が確立されていないものは対象となりにくかった。このため、世界中にはどのような種類の微生物が存在し、どのような機能を果たすのかということについて、今世紀になるまでほとんど知られてこなかった。

しかし2004年にゲノム研究のパイオニアであるJ. Craig Venter博士は、一つ一つの微生物を培養せずに、存在する全ての微生物の遺伝子配列をまとめて解析し、海洋微生物の種類やその比率などを示すことが可能な「メタゲノム解析」を実施し、新たな微生物の解析手法として、大いに注目された。そして、高速かつ安価に遺伝子配列を読むことが可能な次世代シーケンサーの出現によってメタゲノム解析は急速に普及していった。また、次世代シーケンサーによって得られるデータは、統計学的に処理されるが、莫大なデータを処

理できるスーパーコンピューターにより処理スピードが飛躍的に向上し、これまでなら2週間以上かかっていたものが現在では、6分で可能となっている。

これら解析技術の進化に伴い、微生物は地球上のさまざまな場所（人、動植物、土壌、海洋、大気など）において単体で存在することが難しく、微生物同士が相互に働きかけ合いながらコミュニティを形成することが明らかになった。さらにそのコミュニティは人、動植物などと共生し、互いに影響を与えていることが分かり始めた。その中で、人、動植物にとって有益な影響に着目し、これを活用した新しいビジネスが医療、食品、農業、畜産業、水産業、環境などの複数領域で起こることが期待される（図表1）。

図表1 微生物のコミュニティ解明によるビジネスの広がり



特に、食品分野（腸内微生物のコミュニティの活用）と農業分野（植物微生物のコミュニティの活用）では新たな事業機会が創出されつつあり、大いに注目されている。

腸内微生物のコミュニティの活用—個別化ウェルネスの鍵因子—

腸内微生物のコミュニティの健康効果

プロバイオティクスとは、人の健康に良い作用をもたらす、生きている微生物と定義され、代表的なものとしては乳酸菌、ビフィズス菌がある。市場調査会社のEuromonitorによるとプロバイオティクスを含むヨーグルト、サプリメント、酸乳製品（乳酸菌飲料など）の市場規模は、2010年の300億ドルから2016年には400億ドルに拡大している。今後は特にアジアと北米でさらに伸びると予想されており、2020年までに

500億ドルを上回る可能性がある。

今後も飛躍が予測される背景には、プロバイオティクスに関する科学の進歩が挙げられる。近年の研究
成果によると、プロバイオティクスを含む微生物のコミュニティは、腸管と物質のやり取りをすること
により、長年いわれてきた消化器系のほかに、免疫系、神経系、内分泌系にも作用することが明らかになっ
てきた。消化器系疾患のほか、アレルギー、肥満、糖尿病、がん、多発性硬化症、肝臓疾患、自閉症、喘
息などと腸内微生物のコミュニティとの相関関係、さらには因果関係が明らかになりつつある。

これらの研究成果を活用して、フランスのDanone、スウェーデンのProbi、デンマークのChr. Hansen、ヤ
クルト本社、森永乳業、明治といったプロバイオティクス老舗大手は、ストレスを軽減するサプリメント、
乳アレルギーを改善する粉ミルク、風邪などを予防するヨーグルト、セリアック病を改善するサプリメン
トなど新たな製品の開発に乗り出している。

パーソナルケア分野の研究開発を行っている企業も見られる。米国のHyperbioticsやスペインのAB-
Biotics、スウェーデンのBioGaiaは、虫歯予防・歯肉炎対策のためのタブレットを開発した。英Beauty Bay
は化粧品にプロバイオティクスを配合した製品を開発している。化粧品大手の仏L'Oréalは、プロバイオテ
イクスの紫外線による皮膚のダメージ回復効果について研究を進めている。

個別化栄養・個別化ウェルネスにおける事業機会

現在、食品分野の新たな事業として個別化栄養が注目されている。個別化栄養とは、個人の健康に関す
る情報を収集・解析し、健康管理方法を提示、その健康管理方法に基づく生活を送ることで、図表2のよ
うなサイクルを回すことである。

図表2 個別化栄養のイメージ



これまでの個別化栄養では、主に個人の運動・睡眠・食事などの生活習慣や遺伝子に関する情報を収集・解析してきたが、今後は、腸内微生物のコミュニティを解析し、その状態をより健全なものとするプロバイオティクスなどを提供する個別化栄養事業が拡大するだろう。人の遺伝子数は約2万個なのに対し、腸内微生物の遺伝子数は200万～2,000万個といわれる。健康・病気を理解するには、自分自身の遺伝子だけでは不十分であり、腸内微生物のコミュニティは、健康状態をコントロールする重要な因子（鍵因子）となるであろう。

個別化栄養事業において、機能性食品などのソリューションの提供が利益の源泉の一つとなる。乳酸菌、ビフィズス菌に限らず、数多くの有益なプロバイオティクスが発見されており、またプロバイオティクスの餌となるプレバイオティクス（オリゴ糖や食物繊維など）との組み合わせによる相乗効果もいわれている。個別化栄養事業を行う企業は、一種類の微生物に頼るのではなく、多くの種類のプロバイオティクスやプレバイオティクスをポートフォリオとして保有し、ソリューションを提供する必要がある。また、健康価値を訴求するには臨床データなど科学的エビデンスが求められる。食品分野のプレーヤーは医療分野のプレーヤーと連携した研究開発も一考に値するであろう。

プロバイオティクスやプレバイオティクスは、上述のとおり化粧品、口腔ケアなどの分野に活用できる。総合商社のような多くの分野の商材を扱うプレーヤーが個別化栄養事業を進めるとき、ソリューションを食品に限定することなく、パーソナルケア用品も含めたウェルネスに関する周辺事業への拡大も目指すべきである。

なお、新たなプロバイオティクスやプレバイオティクスは、人体への安全性の観点から国や地域によって使用が規制される可能性がある。新たな事業展開を円滑にするために、地域ごとにコンサルタントを起用するなどして各地域の規制当局と密な連携をとる必要がある。

植物微生物（ファイトバイオーム）—変わる農業—

植物微生物のコミュニティ活用による効果

植物の周辺および内部には膨大かつ多様な微生物が存在している。微生物はコミュニティを形成しながら、植物と相互に作用し、植物の発芽から収穫までの生育過程に深く関わる。これまでに単一の微生物が植物の生育を促すなど、微生物が植物に対して有益な効果をもたらすことは知られている。例えば、マメ科植物の根にコブとなって共生する根粒菌は、大気中の窒素を固定し、アンモニア態窒素に変換する機能を有しており、バイオ肥料として利用されている。

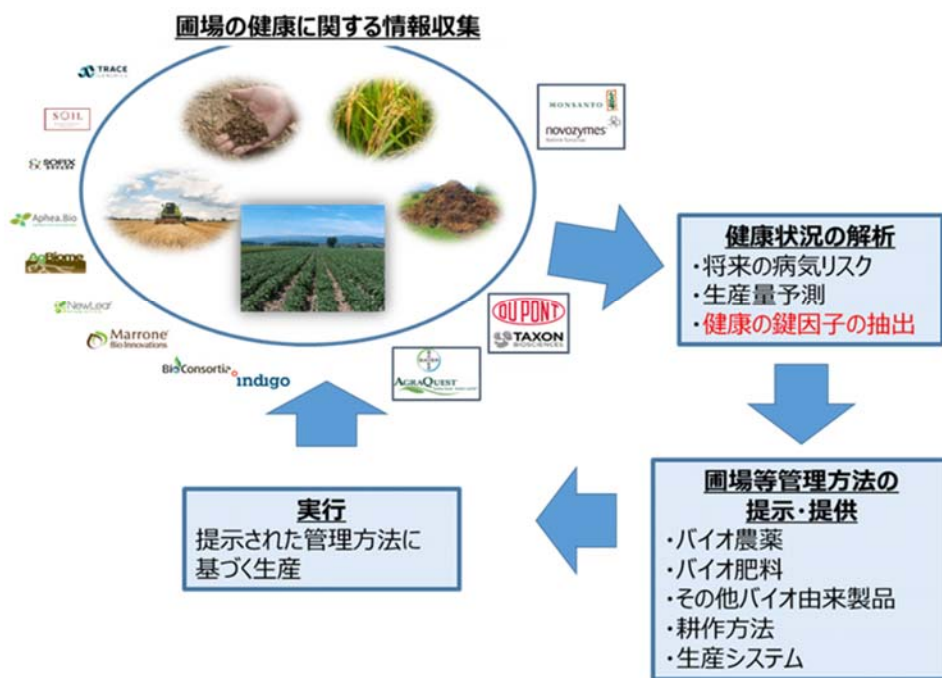
解析技術の進化に伴い、コミュニティを全体俯瞰することができるようになり、微生物の構成、その行動が明らかになったことで、コミュニティに対して影響力の大きい微生物を選抜することが可能になる。これによって、コミュニティの活動を活発化させ、病虫害予防や成長促進の効果を高め、植物を健全な生育へと導くことが期待されている。

技術革新が進んでいくなかで、農薬・種子大手各社も植物微生物のコミュニティに注目し、積極的な動きを見せている。MonsantoとNovozymesは2013年にBioAg Allianceで連携を開始し、すでに成長促進剤などを販売している。DuPontは微生物解析に強みのある米新興企業Taxonを2015年4月に買収し、コミュニティの情報プラットフォームを構築し、効果的に微生物を選抜する手法を開発中である。またBayerは2012年にバイオ農薬を開発するAgraQuestを買収、さらには2017年に微生物育種を行うGinkgo Bioworksと提携し窒素固定に関する研究開発を行っている。

農業デザインによる事業機会

農業分野においては微生物のコミュニティを活用した農業デザインが注目されている。農業デザインとは、圃場の健康に関する情報を収集・解析し、圃場ごとに合った管理方法を提示、そして管理方法に基づき生産を行うことで、図表3のようなサイクルを回すことである。

図表3 農業デザインのイメージ



微生物のコミュニティを活用した農業デザインの実施によって、栽培環境の最適化、化学合成品使用量の大幅な削減、また、高付加価値品（抗酸化物質などを豊富に含む作物など）の生産が期待される。農薬・肥料ビジネスに与える影響は大きく、これまでの農業を大きく変える可能性がある。

この農業デザインを活用した事業の利益の源泉の一つは、トータルパッケージ化による管理方法の提示・提供となる。微生物のコミュニティは植物と相互作用し、植物の健康的な生育に欠かせないパートナーである。この微生物のコミュニティ活動を活性化させ、植物の健全な生育を導くための方法を提示・提

供することが求められる。具体的には、コミュニティ活動の活性に大きく働きかけるバイオ農薬やバイオ肥料、これらの資材で処理した種子、バイオ農薬やバイオ肥料と相乗効果のある化学合成農薬・化学肥料の提供、さらには最適な栽培を実現する栽培方法までをトータルパッケージで提供する。なお、農業デザインは農業に革新をもたらすものであり、トータルパッケージ提供者として想定される種子、農薬、農機メーカーといった企業は、生産者と協働で取り組むべきである。また、対象とする作物、病虫害、生育環境などによって、提示・提供する方法は多様性が求められることから、微生物のコミュニティ活動に影響を与える製品・サービスのポートフォリオの拡充が望まれる。

また、農業デザインは低環境負荷、機能性作物など品質の高い生産物の生産を可能とするが、必ずしも消費者に受け入れられるとは限らない。そのため、消費者のニーズを捉え、消費者が望む生産物を提供する必要がある。よって、総合商社が農業デザインを活用した事業を行う場合は、生産だけではなく、流通、小売りなどを活用して消費者のニーズを捉え、フードチェーン全体を俯瞰した上で取り組むことが重要となるであろう。また、農業デザイン普及において、生産者の栽培最適化だけではなく、生産者の利益向上が重要という観点からも、下流の動きを捉えた生産支援が求められる。

分野横断的取り組み

ここまで、微生物のコミュニティを活用した「人の健康」および「土壌・植物の健康」における新たな事業機会について述べてきたが、これらを結びつけて考えようとする動きが起きている。2014年に福岡県で設立した農業ビジネススクールのアグリガーデンスクール&アカデミーでは、「医農科学産業」創成に向けて、微生物のコミュニティを活用した、健康な人を作るための作物づくりを推進しようとしている。また、東京農業大学と昭和大学は、2018年8月に包括連携協定を締結し、医療、農業、バイオテクノロジーが分野横断的に協業する医農連携の推進を目指している。

医農連携には微生物のコミュニティの活用が期待されているが、医療現場で抗菌薬の過剰使用など不適正な使用により、その機能が損なわれ、細菌が突然変異し抗菌薬の効かない薬剤耐性菌が出現している。農畜水産においても抗菌薬を含む化学合成物質が過剰使用されており、薬剤耐性菌が発生している。家畜や養殖魚由来の薬剤耐性菌は、排せつ物を通じて周辺環境に拡散するが、微生物のコミュニティが機能している場合は、薬剤耐性菌の活動は抑制され、拡散しにくくなると考えられる。このため、プロバイオティクス、バイオ農薬、ワクチン、バクテリオファージ（薬剤耐性菌など特定の細菌類・菌類を攻撃するウイルス）など、抗菌薬の一部を代替し、微生物のコミュニティを維持する製品の開発・販売などの事業機会が増えるだろう。

このように微生物のコミュニティの維持・活用の観点から医療、食品、農業、畜産業、水産業など分野横断的な取り組みが求められる。事業分野がこれらの分野をまたぐ総合商社には、異業種のプレーヤーをつなぐといった役割が期待できる。この分野横断的な考え方は、“One World, One Health”の考え方と共

通するところがある。“One World, One Health”とは、2004年にロックフェラー大学に世界中の健康に関する専門家が一堂に会し宣言された標語で、人、動物、植物、土壌、水などそれぞれの健康は一つにつながっていると考える考え方である。微生物のコミュニティは、事業機会につながるだけでなく、世界の課題解決につながるものであり、社会的意義は大きいといえるだろう。

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社及び三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社及び三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。